

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Timothy Warner, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Group Art Unit: N/A

Filed: Concurrently Herewith

Examiner: Not Yet Assigned

For: AIRCRAFT STRUCTURAL MEMBER MADE

OF AN AL-CU-MG ALLOY

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
France	0208737	July 11, 2002

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

Application No.: Not Yet Assigned

Docket No.: 22130-00027-US

Applicant believes no fee is due with this submission. However, if a fee is due, please charge our Deposit Account No. 22-0185, under Order No. 22130-00027-US from which the undersigned is authorized to draw.

Dated: July 7, 2003

Respectfully submitted,

By *Brian K. Hartz* - 46,750
for Susan E. Shaw McBee

Registration No.: 39,294

CONNOLLY BOVE LODGE & HUTZ LLP

1990 M Street, N.W., Suite 800

Washington, DC 20036-3425

(202) 331-7111

(202) 293-6229 (Fax)

Attorney for Applicant



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 JUIN 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planche', is written over a horizontal line.

Martine PLANCHE

**INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE**

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Important !

Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DR 540 W / 190600

| | | | |
|---|----------------------|--|---|
| REMISE DES PIÈCES
DATE 69 INPI LYON
LIEU
N° D'ENREGISTREMENT
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 11 JUIL. 2002
Vos références pour ce dossier (facultatif) BR 3499 -- MPS/NP | | 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE
PECHINEY
Martin Peter SCHMIDT
Immeuble "SIS"
217 Cours Lafayette
69451 LYON CEDEX 06 | |
| Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie | | | |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE | | Cochez l'une des 4 cases suivantes | |
| Demande de brevet | | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Demande de certificat d'utilité | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande divisionnaire | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande de brevet initiale
ou demande de certificat d'utilité initiale | | N° | Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> |
| | | N° | Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> |
| Transformation d'une demande de brevet européen | | <input type="checkbox"/> | Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> |
| Demande de brevet initiale | | N° | Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)
ELEMENT DE STRUCTURE D'AVION EN ALLIAGE Al-Cu-Mg | | | |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE | | Pays ou organisation
Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°
Pays ou organisation
Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°
Pays ou organisation
Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| 5 DEMANDEUR | | <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| Nom ou dénomination sociale | | PECHINEY RHENALU | |
| Prénoms | | | |
| Forme juridique | | SA | |
| N° SIREN | | | |
| Code APE-NAF | | | |
| Adresse | Rue | 7 Place du Chancelier Adenauer | |
| | Code postal et ville | 75116 | PARIS |
| Pays | | FRANCE | |
| Nationalité | | FRANCAISE | |
| N° de téléphone (facultatif) | | | |
| N° de télécopie (facultatif) | | | |
| Adresse électronique (facultatif) | | | |



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

| | | | |
|---|----------------------|---|---------------|
| REMISE DES PIÈCES | | Répond à l'INPI | |
| DATE 69 INPI LYON | | 0208737 | |
| LIEU | | | |
| N° D'ENREGISTREMENT | | | |
| NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI | | | |
| Vos références pour ce dossier :
(facultatif) | | BR 3499 – MPS/NP | |
| 6 MANDATAIRE | | | |
| Nom | | SCHMIDT | |
| Prénom | | Martin Peter | |
| Cabinet ou Société | | PECHINEY | |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | | PG 10187 LC004A | |
| Adresse | Rue | Immeuble "SIS" - 217 Cours Lafayette | |
| | Code postal et ville | 69451 | LYON CEDEX 06 |
| N° de téléphone (facultatif) | | 04 72 83 49 20 | |
| N° de télécopie (facultatif) | | | |
| Adresse électronique (facultatif) | | | |
| 7 INVENTEUR (S) | | | |
| Les inventeurs sont les demandeurs | | <input type="checkbox"/> Oui
<input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée | |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) | |
| Établissement immédiat ou établissement différé | | <input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> | |
| Paiement échelonné de la redevance | | Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques
<input type="checkbox"/> Oui
<input checked="" type="checkbox"/> Non | |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques
<input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)
<input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) : | |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | | |
| 10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire) | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI | |
| Martin Peter SCHMIDT | | D. GERALD | |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Elément de structure d'avion en alliage Al-Cu-Mg

Domaine de l'invention

5

L'invention concerne des éléments de structure d'avion, notamment des tôles pour fuselage d'avions commerciaux de grande capacité, réalisés à partir de produits laminés, filés ou forgés en alliage AlCuMg à l'état traité par mise en solution, trempe et écrouissage à froid, et présentant, par rapport aux produits de l'art antérieur utilisés pour la même application, un compromis amélioré entre les différentes propriétés d'emploi requises.

Etat de la technique

15

Le fuselage d'avions commerciaux de grande capacité est typiquement constitué d'une peau en tôles en alliage de type AlCuMg, ainsi que de raidisseurs longitudinaux et de cadres circonférentiels. On utilise le plus souvent un alliage de type 2024 qui a, selon la désignation de l'Aluminum Association ou la norme EN 573-3 la composition chimique suivante (% en poids) :

20

Si < 0,5 Fe < 0,5 Cu : 3,8 – 4,9 Mg : 1,2 – 1,8 Mn : 0,3 – 0,9
Cr < 0,10 Zn < 0,25 Ti < 0,15.

25

On utilise également des variantes de cet alliage. On demande à ces éléments structuraux un compromis entre plusieurs propriétés telles que : la résistance mécanique (i.e. les caractéristiques mécaniques statiques), la tolérance aux dommages (ténacité et vitesse de fissuration en fatigue), la résistance à la fatigue (notamment oligocyclique), la résistance aux différentes formes de corrosion, l'aptitude à la mise en forme. Dans certains cas, notamment pour les avions supersoniques, la résistance au fluage peut être critique.

30

Dans le but d'améliorer le compromis entre les différentes propriétés requises, notamment la résistance mécanique et la ténacité, diverses solutions alternatives ont été proposées. Boeing a développé l'alliage 2034 de composition :

Si < 0,10 Fe < 0,12 Cu : 4,2 – 4,8² Mg : 1,3 – 1,9
 Mn : 0,8 – 1,3 Cr < 0,05 Zn < 0,20 Ti < 0,15 Zr : 0,08 – 0,15

Cet alliage a fait l'objet du brevet EP 0 031 605 (= US 4 336 075). Il présente, par rapport au 2024 à l'état T351, une meilleure limite d'élasticité spécifique due à l'augmentation de la teneur en manganèse et à l'ajout d'un autre antirecristallisant (Zr), ainsi qu'une ténacité et une résistance à la fatigue améliorées.

Le brevet US 5 652 063 (Alcoa) concerne un élément de structure d'avion réalisé à partir d'un alliage de composition (% en poids) :

10 Cu : 4,85 – 5,3 Mg : 0,51 – 1,0 Mn : 0,4 – 0,8 Ag : 0,2 – 0,8
 Si < 0,1 Fe < 0,1 Zr < 0,25 avec Cu/Mg compris entre 5 et 9.

La tôle de cet alliage à l'état T8 présente une limite d'élasticité > 77 ksi (531 MPa). L'alliage est particulièrement destiné aux avions supersoniques.

15 Le brevet EP 0 473 122 (= US 5 213 639) d'Alcoa décrit un alliage, enregistré à l'Aluminum Association comme 2524, de composition : Si < 0,10 Fe < 0,12
 Cu : 3,8 – 4,5 Mg : 1,2 – 1,8 Mn : 0,3 – 0,9 pouvant contenir éventuellement un autre antirecristallisant (Zr, V, Hf, Cr, Ag ou Sc). Cet alliage est destiné plus particulièrement aux tôles minces pour fuselage et présente une ténacité
 20 et une résistance à la propagation de fissures améliorées par rapport au 2024.

La demande de brevet EP 0 731 185 de la demanderesse concerne un alliage, enregistré ultérieurement sous le n° 2024A, de composition : Si < 0,25 Fe < 0,25

Cu : 3,5 – 5 Mg : 1 – 2 Mn < 0,55 avec la relation : $0 < \text{Mn} - 2\text{Fe} < 0,2$
 25 Les tôles épaisses en cet alliage présentent à la fois une ténacité améliorée et un niveau réduit de contraintes résiduelles, sans perte sur les autres propriétés.

Le brevet US 5 593 516 (Reynolds) concerne un alliage pour applications aéronautiques contenant de 2,5 à 5,5% Cu et 0,1 à 2,3% Mg, dans lequel les teneurs en Cu et Mg sont maintenues en dessous de leur limite de solubilité dans l'aluminium, et sont liées par les équations :

30 $\text{Cu}_{\text{max}} = 5,59 - 0,91 \text{ Mg}$ et $\text{Cu}_{\text{min}} = 4,59 - 0,91 \text{ Mg}$

L'alliage peut contenir également : Zr < 0,20% V < 0,20% Mn < 0,80%

Ti < 0,05% Fe < 0,15% Si < 0,10%

Les brevets US 5 376 192 et US 5 512 112, issus de la même demande initiale, concernent des alliages de ce type contenant de 0,1 à 1% d'argent. On peut remarquer que l'utilisation d'argent dans ce type d'alliage conduit à une
5 augmentation du coût d'élaboration et des difficultés pour le recyclage des chutes de fabrication.

La demande de brevet EP 1 170 394 A2 (Alcoa) décrit quatre alliages de type AlCu qui ont, respectivement, la composition

- 10 Cu 4,08 , Mn 0,29 , Mg 1,36 , Zr 0,12, Fe 0,02 , Si 0,01 ;
 Cu 4,33 , Mn 0,30 , Mg 1,38 , Zr 0,10 , Fe 0,01 , Si 0,00 ;
 Cu 4,09 , Mn 0,58 , Mg 1,35 , Zr 0,11 , Fe 0,02 , Si 0,01 ; et
 Cu 4,22 , Mn 0,66 , Mg 1,32 , Zr 0,10 , Fe 0,01 , Si 0,01.

Le brevet enseigne comment transformer ces produits en tôles présentant une
15 structure à grains allongés, dans laquelle les grains montrent un rapport de longueur sur épaisseur supérieur à 4. En respectant à la fois une microstructure et une texture bien spécifiques, ce produit a de bonnes caractéristiques de résistance mécanique et de tolérance aux dommages. Un des inconvénients de ces alliages est d'être basé sur un aluminium de grande pureté (très faible teneur en silicium et fer), qui est cher. Un
20 autre brevet du même demandeur, US 5,630,889, divulgue une tôle à l'état T6 ou T8 en alliage AlCuMg contenant :

Cu 4,66 , Mg 0,81 , Mn 0,62 , Fe 0,06 , Si 0,04 , Zn 0,36 %.

Un ajout d'argent améliore les propriétés de cet alliage. Toutefois, l'argent est un élément coûteux, et il limite les possibilités de recyclage des produits ainsi obtenus
25 ainsi que de leurs chutes de production, ce qui contribue à augmenter encore plus le coût de revient desdits produits.

La présente invention a pour but d'obtenir des éléments de structure d'avion, et notamment des éléments de fuselage, en alliage AlCuMg, présentant, par rapport à
30 l'art antérieur, une tolérance aux dommages améliorée, une résistance mécanique au moins égale, une résistance à la corrosion améliorée, et ceci sans recourir à des éléments d'addition coûteux et gênants pour le recyclage.

Objet de l'invention

L'invention a pour objet un produit corroyé, notamment un produit laminé, filé ou forgé, en alliage de composition (% en poids) :

5 Cu 3,80 – 4,30 , Mg 1,25 – 1,45 , Mn 0,20 – 0,50 , Zn 0,40 – 1,30 , Zr \leq 0,05 , Fe $<$ 0,15 , Si $<$ 0,15 , Ag $<$ 0,01

autres éléments $<$ 0,05 chacun et $<$ 0,15 au total, reste Al,

le dit produit pouvant être traité par mise en solution, trempe, et écrouissage à froid, avec une déformation permanente comprise entre 0,5 % et 15 %, préférentiellement
10 entre 1 % et 5 %, et encore plus préférentiellement entre 1,5 % et 3,5 %. L'écrouissage à froid peut être obtenu par traction contrôlée et/ou transformation à froid, par exemple laminage ou étirage.

L'invention a également pour objet un élément de structure pour construction
15 aéronautique, notamment un élément de fuselage d'aéronef, fabriqué à partir d'un tel produit corroyé, et notamment à partir d'un tel produit laminé.

Description de l'invention

20

Sauf mention contraire, toutes les indications relatives à la composition chimique des alliages sont exprimées en pourcent massique. Par conséquent, dans une expression mathématique, « 0,4 Zn » signifie : 0,4 fois la teneur en zinc, exprimée en pourcent massique ; cela s'applique mutatis mutandis aux autres
25 éléments chimiques. La désignation des alliages suit les règles de The Aluminum Association. Les états métallurgiques sont définis dans la norme européenne EN 515. Sauf mention contraire, les caractéristiques mécaniques statiques, c'est-à-dire la résistance à la rupture R_m , la limite élastique $R_{p0,2}$, et l'allongement à la rupture A, sont déterminées par un essai de traction selon la norme EN 10002-1. Le terme
30 « produit filé » inclut les produits dits « étirés », c'est-à-dire des produits qui sont élaborés par filage suivi d'un étirage.

Dans les alliages AlCuMg de l'art antérieur les plus performants pour la fabrication d'éléments de structure de fuselage d'avion, un bon niveau de ténacité est obtenu en spécifiant des niveaux très bas en fer et en silicium, et en limitant les teneurs en cuivre et en magnésium pour faciliter la mise en solution des particules intermétalliques grossières. Pour obtenir un niveau suffisant de résistance mécanique, l'homme de métier est enclin à maintenir une teneur significative en manganèse, puisque celui-ci contribue au durcissement de l'alliage. La quasi-totalité des alliages de la série 2xxx ne contiennent pas plus que 0,25 % de zinc.

La teneur en cuivre de l'alliage selon l'invention est comprise entre 3,80 et 4,30 %, et de préférence entre 4,05 et 4,30 % ; elle se situe donc dans la moitié basse de l'intervalle de teneur de l'alliage 2024, de manière à limiter la fraction volumique résiduelle de particules grossières au cuivre. Pour la même raison, l'intervalle de la teneur en magnésium, qui doit être comprise entre 1,25 et 1,45 % et de préférence, entre 1,28 et 1,42 %, est décalé vers le bas par rapport à celui du 2024. La teneur en manganèse est maintenue entre 0,20 et 0,50 %, de préférence entre 0,30 et 0,50 %, et encore plus préférentiellement entre 0,35 et 0,48 %. La mise en œuvre de l'invention ne nécessite pas d'ajout significatif de zirconium à une teneur supérieure à 0,05 %.

La présente invention nécessite un contrôle soigneux de la teneur en zinc, l'alliage étant déchargé en cuivre, magnésium et manganèse. La teneur en zinc doit être comprise entre 0,40 et 1,30 %, préférentiellement entre 0,50 et 1,10 %, et encore plus préférentiellement entre 0,50 et 0,70 %. Dans un mode de réalisation avantageux, lorsque les teneurs en cuivre, magnésium et manganèse sont inférieures à, respectivement, 4,20 %, 1,38 % et 0,42 %, il est préférable que la teneur en zinc soit au moins égale à $(1,2\text{Cu} - 0,3\text{Mg} + 0,3\text{Mn} - 3,75)$.

Selon les constatations de la demanderesse, ce déchargement de la teneur en cuivre, magnésium et manganèse et l'ajout d'une quantité exactement contrôlée de zinc conduit, en utilisant des procédés de mise en œuvre appropriés, à des tôles qui ont approximativement la même résistance mécanique, mais une meilleure tolérance aux dommages par rapport aux tôles qui ne contiennent pas cet ajout de zinc, à une formabilité au moins aussi bonne, et à une meilleure résistance à la corrosion.

Les teneurs en silicium et en fer sont maintenues chacune en dessous de 0,15%, et de préférence en dessous de 0,10%, pour avoir une bonne ténacité. L'homme du métier sait que la diminution de la teneur en fer et silicium améliore la tolérance aux dommages des alliages AlCuMg et AlZnMgCu utilisés en construction aéronautique (voir l'article de J.T. Staley, « Microstructure and Toughness of High Strength Aluminium Alloys », paru dans « Properties Related to Fracture Toughness », ASTM STP605, ASTM, 1976, pp. 71-103). Toutefois, ce n'est que dans des cas très particuliers (en fonction du type d'alliage et de l'application visée) que le gain en tolérance aux dommages lié à l'utilisation d'un aluminium contenant moins de 0,06 % de fer et silicium chacun est suffisamment important pour pouvoir être valorisé. La mise en œuvre de la présente invention n'exige pas que la teneur en fer et silicium soit inférieure à 0,06% chacun, car dans l'intervalle de composition sélectionné, la tolérance aux dommages est très bonne.

Enfin, contrairement aux alliages décrits dans les brevets US 5 376 192, US 5 512 112 et US 5 593 516, l'alliage ne contient aucune addition d'argent, ni d'un autre élément susceptible d'augmenter le coût de production de l'alliage et de polluer les autres alliages produits sur le même site par recyclage des chutes de fabrication.

Le procédé de fabrication préféré comporte la coulée de plaques, dans le cas où le produit à fabriquer est une tôle laminée, ou de billettes dans le cas où il s'agit d'un profilé filé ou d'une pièce forgée. La plaque ou la billette est scalpée, puis homogénéisée entre 450 et 500 °C. On effectue ensuite la transformation à chaud par laminage, filage ou forgeage, éventuellement complétée par une étape de transformation à froid. Le demi-produit laminé, filé ou forgé est ensuite mis en solution entre 480 et 505°C, de manière à ce que cette mise en solution soit aussi complète que possible, c'est-à-dire que le maximum de phases potentiellement solubles, notamment les précipités Al_2Cu et Al_2CuMg , soient effectivement remises en solution. La qualité de la mise en solution peut être appréciée par analyse enthalpique différentielle (AED) en mesurant l'énergie spécifique à l'aide de l'aire du pic sur le thermogramme. Cette énergie spécifique doit être, de préférence, inférieure à 2 J/g.

Puis on procède à la trempe à l'eau froide, et ensuite à un écrouissage à froid conduisant à un allongement permanent compris entre 0,5 % et 15%. Cet écrouissage à froid peut être une traction contrôlée avec un allongement permanent compris entre 1 et 5 % amenant le produit à un état T351. On préfère une traction contrôlée avec un allongement permanent compris entre 1,5 % et 3,5 %. Ce peut être aussi une transformation à froid par laminage dans le cas des tôles ou par étirage dans le cas des profilés, avec un allongement permanent pouvant aller jusqu'à 15%, amenant le produit à l'état T39, ou à l'état T3951 si on combine le laminage ou l'étirage avec la traction. Le produit subit enfin un vieillissement naturel à température ambiante. La microstructure finale est en général largement recristallisée, avec des grains relativement fins et assez équiaxes.

Le produit selon la présente invention se prête bien pour l'utilisation en tant qu'élément de structure d'aéronef, par exemple en tant qu'élément de peau de fuselage, et notamment comme élément pour la tôle de revêtement (peau) de fuselage. Ces tôles, de préférence plaquées, sont d'une épaisseur comprise entre 1 et 16 mm, et présentent une bonne résistance à la corrosion intergranulaire ainsi qu'à la corrosion sur assemblage riveté. Elles présentent une résistance à la rupture au sens L et / ou sens TL supérieure à 430 MPa, et préférentiellement supérieure à 440 MPa, et une limite d'élasticité en sens L et / ou TL supérieure à 300 MPa, et préférentiellement supérieure à 320 MPa. Elles présentent une bonne formabilité (allongement à rupture au sens L et / ou TL supérieur à 19 % et préférentiellement supérieur à 20 %), et une tolérance aux dommages K_r , calculée à partir d'une courbe R obtenue selon ASTM E 561 pour une valeur Δa_{eff} de 60 mm, supérieure à 165 MPa \sqrt{m} dans le sens T-L, supérieure à 180 MPa \sqrt{m} dans le sens L-T, ainsi qu'une vitesse de propagation de fissures da/dN , déterminée selon la norme ASTM E 647 dans le sens T-L ou L-T pour une valeur ΔK de 50 MPa \sqrt{m} , inférieure à $2,5 \cdot 10^{-2}$ mm / cycle (et préférentiellement inférieure à $2,0 \cdot 10^{-2}$ mm / cycle) et un rapport de charges $R=0,1$. Ce type de compromis de propriétés est particulièrement adéquat pour le revêtement de fuselage.

Puis on procède à la trempe à l'eau froide, et ensuite à un écrouissage à froid conduisant à un allongement permanent compris entre 0,5 % et 15%. Cet écrouissage à froid peut être une traction contrôlée avec un allongement permanent compris entre 1 et 5 % amenant le produit à un état T351. On préfère une traction contrôlée avec un allongement permanent compris entre 1,5 % et 3,5 %. Ce peut être aussi une transformation à froid par laminage dans le cas des tôles ou par étirage dans le cas des profilés, avec un allongement permanent pouvant aller jusqu'à 15%, amenant le produit à l'état T39, ou à l'état T3951 si on combine le laminage ou l'étirage avec la traction. Le produit subit enfin un vieillissement naturel à température ambiante. La microstructure finale est en général largement recristallisée, avec des grains relativement fins et assez équiaxes.

Le produit selon la présente invention se prête bien pour l'utilisation en tant qu'élément de structure d'aéronef, par exemple en tant qu'élément de peau de fuselage, et notamment comme élément pour la tôle de revêtement (peau) de fuselage. Ces tôles, de préférence plaquées, sont d'une épaisseur comprise entre 1 et 16 mm, et présentent une bonne résistance à la corrosion intergranulaire ainsi qu'à la corrosion sur assemblage riveté. Elles présentent une résistance à la rupture au sens L et / ou sens TL supérieure à 430 MPa, et préférentiellement supérieure à 440 MPa, et une limite d'élasticité en sens L et / ou TL supérieure à 300 MPa, et préférentiellement supérieure à 320 MPa. Elles présentent une bonne formabilité (allongement à rupture au sens L et / ou TL supérieur à 19 % et préférentiellement supérieur à 20 %), et une tolérance aux dommages K_r , calculée à partir d'une courbe R obtenue selon ASTM E 561 pour une valeur Δa_{eff} de 60 mm, supérieure à 165 MPa \sqrt{m} dans les sens T-L et L-T, supérieure à 180 MPa \sqrt{m} dans le sens L-T, ainsi qu'une vitesse de propagation de fissures da/dN , déterminée selon la norme ASTM E 647 dans le sens T-L ou L-T pour une valeur ΔK de 50 MPa \sqrt{m} , inférieure à $2,5 \cdot 10^{-2}$ mm / cycle (et préférentiellement inférieure à $2,0 \cdot 10^{-2}$ mm / cycle) et un rapport de charges $R=0,1$. Ce type de compromis de propriétés est particulièrement adéquat pour le revêtement de fuselage. La tôle selon l'invention peut être une tôle plaquée d'au moins une face avec un alliage de la série 1xxx, et préférentiellement avec un

8

Compte tenu du fait que le rivetage est le mode d'assemblage le plus fréquemment utilisé pour des peaux de fuselage, on préfère pour l'application comme revêtement de fuselage des tôles plaquées selon l'invention qui résistent particulièrement bien à la corrosion par couplage galvanique dans un assemblage riveté. Plus particulièrement, on préfère des tôles plaquées qui montrent un courant de corrosion galvanique inférieur à $4\mu\text{A}/\text{cm}^2$, et préférentiellement inférieur à $2,5\mu\text{A}/\text{cm}^2$, pour une exposition allant jusqu'à 200 heures, pendant des essais de corrosion dans un assemblage riveté, en plaçant l'alliage d'âme dans une solution non désaérée contenant 0,06 M de NaCl et l'alliage de placage dans une solution à 0,02 M de AlCl_3 désaérée par barbotage d'azote.

Dans les exemples qui suivent on décrit à titre d'illustration des modes de réalisation avantageux de l'invention. Ces exemples n'ont pas de caractère limitatif.

Exemple 1

On a élaboré un alliage N dont la composition chimique était conforme à l'invention. Le métal liquide a été traité d'abord dans le four de maintien par injection de gaz à l'aide d'un rotor de type connu sous la marque IRMA, et puis dans une poche de type connu sous la marque Alpur. L'affinage a été fait en ligne, c'est-à-dire entre le four de maintien et la poche Alpur, avec du fil AT5B. On a coulée une plaque de 3,0 m de long. Elle a été détendue pendant 10h à 350°C .

Des plaques en alliage 2024 selon l'art antérieur (références E et F) ont également été élaborés selon le même procédé.

Les compositions chimiques des alliages N, E et F, mesurées sur un pion de spectrométrie prélevé dans le chenal de coulée, sont rassemblées dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Composition chimique

| Alliage | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Zn | Cr |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N | 0.03 | 0.08 | 4.16 | 0.41 | 1.35 | 0.59 | 0.001 |
| E | 0.06 | 0.19 | 4.14 | 0.51 | 1.36 | 0.11 | 0.007 |
| F | 0.06 | 0.16 | 4.15 | 0.51 | 1.38 | 0.12 | 0.014 |
| Placage 1050 | 0.14 | 0.25 | 0.003 | 0.029 | 0.001 | 0.017 | |

alliage sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 1050, 1070, 1300 et 1145.

Compte tenu du fait que le rivetage est le mode d'assemblage le plus fréquemment utilisé pour des peaux de fuselage, on préfère pour l'application
 5 comme revêtement de fuselage des tôles plaquées selon l'invention qui résistent particulièrement bien à la corrosion par couplage galvanique dans un assemblage riveté. Plus particulièrement, on préfère des tôles plaquées qui montrent un courant de corrosion galvanique inférieur à $4\mu\text{A}/\text{cm}^2$, et préférentiellement inférieur à $2,5\mu\text{A}/\text{cm}^2$, pour une exposition allant jusqu'à 200 heures, pendant des essais de
 10 corrosion dans un assemblage riveté, en plaçant l'alliage d'âme dans une solution non désaérée contenant 0,06 M de NaCl et l'alliage de placage dans une solution à 0,02 M de AlCl_3 désaérée par barbotage d'azote.

Dans les exemples qui suivent on décrit à titre d'illustration des modes de
 15 réalisation avantageux de l'invention. Ces exemples n'ont pas de caractère limitatif.

Exemple 1

On a élaboré un alliage N dont la composition chimique était conforme à l'invention. Le métal liquide a été traité d'abord dans le four de maintien par
 20 injection de gaz à l'aide d'un rotor de type connu sous la marque IRMA, et puis dans une poche de type connu sous la marque Alpur. L'affinage a été fait en ligne, c'est-à-dire entre le four de maintien et la poche Alpur, avec du fil AT5B. On a coulée une plaque de 3,0 m de long. Elle a été détendue pendant 10h à 350°C .

Des plaques en alliage 2024 selon l'art antérieur (références E et F) ont
 25 également été élaborés selon le même procédé.

Les compositions chimiques des alliages N, E et F, mesurées sur un pion de spectrométrie prélevé dans le chenal de coulée, sont rassemblées dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Composition chimique

| Alliage | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Zn | Cr |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N | 0.03 | 0.08 | 4.16 | 0.41 | 1.35 | 0.59 | 0.001 |
| E | 0.06 | 0.19 | 4.14 | 0.51 | 1.36 | 0.11 | 0.007 |
| F | 0.06 | 0.16 | 4.15 | 0.51 | 1.38 | 0.12 | 0.014 |
| Placage 1050 | 0.14 | 0.25 | 0.003 | 0.029 | 0.001 | 0.017 | |

Dans tous les cas, le placage en alliage 1050 correspond à environ 2 % de l'épaisseur.

Pour les alliages selon l'art antérieur (alliages E et F), les plaques ont été
5 réchauffées aux alentours de 450°C, puis laminées à chaud au laminoir réversible jusqu'à une épaisseur d'environ 20 mm. Les bandes ainsi obtenues ont été laminées sur un laminoir tandem à trois cages jusqu'à une épaisseur finale voisine de 5 mm, puis bobinées (à des températures de 320°C et 260°C, respectivement pour les alliages F et E). Dans le cas de l'alliage F, la bobine ainsi obtenue a été laminée à
10 froid jusqu'à une épaisseur de 3,2 mm. Des tôles ont été découpées, mise en solution en four à bain de sel à une température de 498,5°C pendant une durée de 30 min (tôle E d'épaisseur 5 mm) ou 25 min (tôle F d'épaisseur 3,2 mm), puis parachevées (défripage suivi d'une traction contrôlée avec un allongement permanent compris entre 1.5 et 3%).

15 S'agissant de l'alliage selon l'invention, la plaque N a subi le cycle d'homogénéisation suivant :

8h à 495°C + 12h à 500°C (valeurs nominales).

Après un réchauffage (18 h entre 425 et 445 °C), les plaques ont été laminées à chaud (température d'entrée : 413 °C) jusqu'à une épaisseur d'environ 90 mm. La
20 bande ainsi obtenue a été coupée en deux dans le sens perpendiculaire à la direction de laminage. On a ainsi obtenu deux bandes, repérées N1 et N2. Ces bandes ont été laminées sur un laminoir à chaud tandem 3 cages jusqu'à une épaisseur finale de 6 mm (température de bobinage environ 320 – 325 °C).

La bobine N1 n'a pas subi d'autre passe de laminage, tandis que la bobine N2 a
25 été laminée à froid jusqu'à une épaisseur finale de 3,2 mm.

Après débitage en tôles, une partie des tôles issues des deux bobines a été traitée par mise en solution dans un four à bain de sel à 500 °C, suivie d'une trempe à l'eau à environ 23 °C. Après trempe, ces tôles ont subi un défripage et une traction avec un allongement permanent cumulé compris entre 1,5 et 3,5 %. Le temps d'attente entre
30 trempe et défripage ne dépassait pas 6 heures.

On a mesuré la résistance à la rupture R_m (en MPa), la limite d'élasticité conventionnelle à 0,2% d'allongement $R_{p0,2}$ (en MPa) et l'allongement à la rupture A (en %) par un essai de traction selon EN 10002-1.

- 5 Les résultats des mesures des caractéristiques mécaniques statiques à l'état T351 sont présentés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Caractéristiques mécaniques statiques

| Tôle | Ep [mm] | Sens L | | | Sens TL | | |
|------|---------|----------------|---------------------|---------|----------------|---------------------|---------|
| | | R_m
[MPa] | $R_{p0,2}$
[MPa] | A [%] | R_m
[MPa] | $R_{p0,2}$
[MPa] | A [%] |
| N1 | 6,0 | 442 | 336 | 22,8 | 442 | 323 | 23,5 |
| N2 | 3,2 | 456 | 353 | 20,3 | 449 | 318 | 24,7 |
| E | 5,0 | Non mesuré | | | 456 | 341 | 17,7 |
| F | 3,2 | | | | 454 | 318 | 19,2 |

- 10 L'aptitude à la mise en forme caractérisée par la ductilité en traction (valeur de l'allongement A) semble meilleure pour l'alliage selon l'invention, et ce, pour les deux épaisseurs considérées. La formabilité des tôles d'épaisseur supérieure à 4mm a été également caractérisée à l'aide de l'essai LDH (Limit Dome Height) sur des formats de 500 mm x 500 mm à l'état T351. Les résultats suivants ont été obtenus :

- 15 Tôle N1 (ép. 6 mm) : LDH = 81 mm

Tôle E (ép. 5 mm) : LDH = 75 mm

Cela confirme la meilleure aptitude à la mise en forme de l'alliage selon l'invention.

- 20 La tolérance au dommage a été caractérisé de plusieurs façons. La courbe R a été mesurée selon la norme ASTM E 561 sur des éprouvettes de type CCT, de largeur $W = 760$ mm, $2a_0 = 253$ mm, e = épaisseur de la tôle, avec un pilotage en déplacement de piston et une vitesse de traction de 1 mm/min, en utilisant un montage anti-voilage

en acier. Les éprouvettes étaient prélevées au sens T-L et au sens L-T. On a calculé la valeur de K_r [MPa \sqrt{m}] pour différentes valeurs de Δa_{eff} [mm].

Les résultats sont indiqués dans le tableau 3 :

5

Tableau 3 : Résultats de l'essai de courbe R

| Tôle | Ep
[mm] | sens | K _r [MPa \sqrt{m}] pour une valeur Δa_{eff} de | | | | | |
|------|------------|------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 10 mm | 20 mm | 30 mm | 40 mm | 50 mm | 60 mm |
| N2 | 3,2 | T-L | 81 | 108 | 129 | 148 | 164 | 180 |
| N1 | 6,0 | T-L | 77 | 105 | 127 | 144 | 159 | 173 |
| F | 3,2 | T-L | 82 | 107 | 125 | 139 | 151 | 162 |
| E | 5,0 | T-L | 83 | 105 | 120 | 132 | 142 | 151 |
| N2 | 3,2 | L-T | 84 | 119 | 145 | 166 | 184 | 199 |
| N1 | 6,0 | L-T | 90 | 122 | 145 | 163 | 179 | 193 |
| E | 5,0 | L-T | 104 | 126 | 141 | 154 | 165 | 174 |

On constate que pour des fortes valeurs de Δa_{eff} [mm], le produit selon l'invention dépasse le produit standard en alliage 2024.

Le produit selon l'invention présente donc une meilleure résistance à la rupture dans le cas d'un panneau fissuré.

La vitesse de fissuration da/dN (en mm/cycle) pour différents niveaux de ΔK (exprimés en MPa \sqrt{m}) a été déterminée selon la norme ASTM E 647 sur des éprouvettes de type CCT prélevées dans le sens T-L et dans le sens L-T, de largeur $W = 400$ mm, $2a_0 = 4$ mm, e = épaisseur de la tôle, dans des conditions de $R = 0,1$ et avec une contrainte maximale de 120 MPa et un dispositif anti-voilage pour les éprouvettes d'épaisseur 3,2 mm. Les résultats sont indiqués dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultats de l'essai de vitesse de propagation

| Tôle | Ep
[mm] | sens | da/dN [mm / cycle] pour ΔK [MPa \sqrt{m}] de | | | | |
|------|------------|------|---|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| N2 | 3,2 | T-L | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | $6,5 \cdot 10^{-4}$ | $1,5 \cdot 10^{-3}$ | $0,4 \cdot 10^{-2}$ | $1,0 \cdot 10^{-2}$ |
| N1 | 6,0 | T-L | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | $9,3 \cdot 10^{-4}$ | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | $0,6 \cdot 10^{-2}$ | $1,4 \cdot 10^{-2}$ |
| F | 3,2 | T-L | $1,4 \cdot 10^{-4}$ | $8,2 \cdot 10^{-4}$ | $3,2 \cdot 10^{-3}$ | $1,0 \cdot 10^{-2}$ | $2,9 \cdot 10^{-2}$ |
| E | 5,0 | T-L | $1,9 \cdot 10^{-4}$ | $14,0 \cdot 10^{-4}$ | $6,1 \cdot 10^{-3}$ | $1,9 \cdot 10^{-2}$ | $4,4 \cdot 10^{-2}$ |
| N2 | 3,2 | L-T | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | $5,4 \cdot 10^{-4}$ | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | $0,5 \cdot 10^{-2}$ | $1,4 \cdot 10^{-2}$ |
| N1 | 6,0 | L-T | $1,8 \cdot 10^{-4}$ | $8,8 \cdot 10^{-4}$ | $1,4 \cdot 10^{-3}$ | $0,5 \cdot 10^{-2}$ | $1,1 \cdot 10^{-2}$ |
| E | 5,0 | L-T | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | $7,6 \cdot 10^{-4}$ | $2,4 \cdot 10^{-3}$ | $0,8 \cdot 10^{-2}$ | $2,2 \cdot 10^{-2}$ |

On constate que les tôles de 2024, notamment pour $\Delta K \geq 20$ MPa \sqrt{m} , présentent
 5 une vitesse de fissuration deux à trois fois plus élevée que pour le produit selon
 l'invention. Ce dernier permet donc des intervalles d'inspection plus longs (à masse
 de structure donnée) ou bien des allègements de la structure à intervalle d'inspection
 fixé.

En ce qui concerne les courbes R et les valeurs de ΔK , il convient de noter que
 10 les valeurs les plus significatives vis à vis du comportement de la structure réelle
 d'un aéronaf se situent dans le domaine compris entre 15 et 60 MPa \sqrt{m} .

En effet, les contraintes de fatigue dans une peau de fuselage sont généralement
 de l'ordre de 50 à 100 MPa, pour des défauts détectables de l'ordre de 20 à 50 mm,
 sachant que $K = \sigma \sqrt{(\pi a)}$, où σ est la contrainte et le paramètre a signifie la taille du
 15 défaut.

Pour un espacement entre raidisseurs supérieur à 100 mm, les valeurs de K à
 rupture pour une charge limite supérieure à 200 MPa sont supérieures à environ 120
 MPa \sqrt{m} pour les courbes R décrites, avec des K apparents (K_r) supérieurs à environ
 110 MPa \sqrt{m} . Ceci signifie que la portion dimensionnante de la courbe R est

constituée de points correspondant à une avancée de fissure statique Δa_{eff} de plus de 20 mm.

On a également caractérisé la résistance à la corrosion des tôles. On constate que l'alliage selon l'invention montre intrinsèquement, c'est-à-dire après déplacage par usinage, une résistance à la corrosion intergranulaire, mesurée selon la norme ASTM G 110, sensiblement comparable à celle du 2024 de référence.

Sur des tôles plaquées, la mesure du potentiel de corrosion dans l'âme et dans le placage selon la norme ASTM G 69 a donné les résultats donnés dans le tableau 5 ci-après. Ces résultats ne montrent pas de différence significative en ce qui concerne l'écart de potentiel entre âme et placage (caractéristique du pouvoir de protection cathodique d'un placage). Cela est surprenant dans la mesure où, conformément aux données publiées (voir notamment « ASM Handbook », 9th Edition, Volume 13, « Corrosion », page 584, figure 5), l'ajout de zinc dans un alliage d'aluminium diminue significativement le potentiel de corrosion, ce qui aurait dû avoir comme effet de limiter l'écart de potentiel entre âme et placage de l'alliage selon l'invention.

Tableau 5 : Potentiels [mV/ECS] et écarts de potentiel [mV]

| Tôle | Ep [mm] | Potentiel de l'âme
[mV/ECS] | Potentiel du
placage [mV/ECS] | Ecart de potentiel
[mV] |
|------|---------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| N2 | 3.2 | -620 | -768 | 148 |
| N1 | 6.0 | -611 | -801 | 190 |
| E | 5.0 | -609 | -775 | 166 |

En revanche, et de façon surprenante, on constate que lors d'un essai de corrosion par couplage galvanique dans un assemblage riveté, le produit selon l'invention se comporte de façon significativement meilleure. Selon les constatations de la demanderesse, cet essai, qui a été décrit par exemple dans le brevet EP 0 623 462 B1, est particulièrement pertinent pour évaluer l'aptitude de tôles plaquées à l'usage en construction aéronautique. L'essai consiste à mesurer le courant qui s'établit naturellement entre l'anode (alliage de placage placé dans une cellule

contenant une solution de AlCl_3 (0,02 M, désaérée)) et la cathode (alliage d'âme placée dans une cellule contenant une solution de NaCl (0,06 M, aérée)), un pont salin assurant le contact électrolytique entre les deux cellules. Les deux éléments (placage et âme) ont la même surface ($2,54 \text{ cm}^2$). On enregistre les densités de courant de couplage pendant toute la durée de l'essai. On observe que le courant atteint un plateau après environ 55 heures et n'évolue pratiquement plus pendant la durée des essais (200 h ou 15 jours, selon l'échantillon). Les résultats sont résumés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Simulation électrochimique de l'assemblage

| | Tôle N2 | Tôle N1 | Tôle F | Tôle E |
|---|---------|---------|--------|----------------|
| Courant plateau après 55 heures
[$\mu\text{A}/\text{cm}^2$] | 1,6 | 1,2 | 2,8 | 2,4 |
| Perte de masse mesurée [mg/cm^2]
après 5 jours d'essai | 1,06 | 0,79 | 1,57 | Non
mesurée |

A titre de comparaison, les exemples décrits dans le fascicule de brevet EP 0 623 462 B1 donnent pour l'alliage standard 2024 plaqué avec un alliage 1070 un courant plateau de $3,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$.

On constate que le produit selon l'invention (N1 et N2) présente un courant de corrosion et une perte de masse beaucoup plus faibles que le produit standard selon l'art antérieur. Pour certaines applications, par exemple des éléments structuraux pour avion, cela procure un avantage très significatif en termes de durée de vie.

Exemple 2

A partir de tôles laminées à chaud et éventuellement à froid (état F) de l'alliage selon l'invention (voir exemple 1), on a élaboré plusieurs autres états métallurgiques sous forme de format de dimensions 600 mm (sens L) x 160 mm (sens TL) x épaisseur. Les tôles brutes de laminage d'épaisseur 3,2 mm (brut de laminage à froid) ou 6,0 mm (brut de laminage à chaud) ont soumises à une mise en solution suivie

d'une trempe, une maturation et une traction contrôlée, comme indiqué dans le Tableau 7 :

Tableau 7 : Conditions d'élaboration des tôles de l'exemple 2

| Repère | Epaisseur
[mm] | Durée de mise en
solution à 500°C [min] | Durée de
maturation | Traction
contrôlée |
|--------|-------------------|--|------------------------|-----------------------|
| N3A | 3,2 | 30 | < 2 h | 2% |
| N3B | 3,2 | 30 | < 2 h | 4% |
| N3C | 3,2 | 30 | < 2 h | 6% |
| N3D | 3,2 | 30 | 24 h | 2% |
| N3E | 3,2 | 30 | 24 h | 6% |
| N6A | 6,0 | 40 | < 2 h | 2% |
| N6B | 6,0 | 40 | < 2 h | 4% |
| N6C | 6,0 | 40 | < 2 h | 6% |
| N6D | 6,0 | 40 | 24 h | 2% |
| N6E | 6,0 | 40 | 24 h | 6% |

5 Les repères se terminant par A ou D correspondent à des états T351. Les différents échantillons ont été caractérisés par des essais de traction (sens L et TL) ainsi que par des essais de ténacité.

La ténacité a tout d'abord été évaluée dans les sens T-L et L-T à l'aide de la contrainte maximale R_e (en MPa) et de l'énergie d'écoulement E_{ec} selon l'essai Kahn. La contrainte Kahn est égale au rapport de la charge maximale F_{max} que peut supporter l'éprouvette sur la section de l'éprouvette (produit de l'épaisseur B par la largeur W). L'énergie d'écoulement est déterminée comme l'aire sous la courbe Force-Déplacement jusqu'à la force maximale F_{max} supportée par l'éprouvette. L'essai est décrit dans l'article « Kahn-Type Tear Test and Crack Toughness of Aluminum Alloy Sheet », paru dans la revue Materials Research & Standards, Avril 15 1964, p. 151- 155. L'éprouvette utilisée pour l'essai de ténacité Kahn est décrite, par

exemple, dans le « Metals Handbook », 8th Edition, vol. 1, American Society for Metals, pp. 241-242.

La ténacité a également été abordée pour les tôles d'épaisseur 6mm, à l'aide d'un essai de type courbe R, dans le sens T-L, mais sur des éprouvettes de taille plus restreinte que celle décrite dans l'exemple 1. On a utilisé des éprouvettes de type CT, de largeur $W = 127 \text{ mm}$, $a_0 = 38.5 \text{ mm}$, $e =$ épaisseur de la tôle, avec un pilotage en déplacement de piston et une vitesse de traction de 1 mm/min.

Les différents résultats sont donnés dans les tableaux 8 et 9 ci-après.

10

Tableau 8 : Caractéristiques mécaniques statiques

| Repère | Maturation | Traction | Caractéristiques statiques
sens L | | | Caractéristiques statiques
sens TL | | |
|--------|------------|----------|--------------------------------------|---------------------|----------|---------------------------------------|---------------------|----------|
| | | | R_m
[MPa] | $R_{p0,2}$
[MPa] | A
[%] | R_m
[MPa] | $R_{p0,2}$
[MPa] | A
[%] |
| N3A | < 2 h | 2% | 450 | 345 | 21.6 | 444 | 307 | 23.7 |
| N3B | < 2 h | 4% | 456 | 369 | 21.4 | 448 | 322 | 21.1 |
| N3C | < 2 h | 6% | 464 | 394 | 17.6 | 453 | 339 | 18.2 |
| N3D | 24 h | 2% | 457 | 351 | 22.1 | 449 | 313 | 23.2 |
| N3E | 24 h | 6% | 473 | 413 | 18.7 | 464 | 352 | 18.6 |
| N6A | < 2 h | 2% | 433 | 334 | 22.5 | 432 | 297 | 21.5 |
| N6B | < 2 h | 4% | 437 | 353 | 22.3 | 436 | 308 | 21.1 |
| N6C | < 2 h | 6% | 443 | 375 | 19.5 | 443 | 324 | 20.9 |
| N6D | 24 h | 2% | 440 | 338 | 24.1 | 443 | 308 | 23.1 |
| N6E | 24 h | 6% | 459 | 399 | 20.2 | 460 | 347 | 18.6 |

Tableau 9 : Caractéristiques de ténacité

| Repère | Maturation | Traction | Essai sur éprouvette
« Kahn » | | Essai de courbe R sur
éprouvette CT127 | |
|--------|------------|----------|----------------------------------|------------|---|-------------------|
| | | | R_e [MPa] / E_{ec} [J] | | Sens T-L | |
| | | | Sens T-L | Sens L-T | K_{app} [MPa√m] | K_{eff} [MPa√m] |
| N3A | < 2 h | 2% | 163 / 15,0 | 166 / 15,4 | Non mesuré | |
| N3B | < 2 h | 4% | 164 / 13,3 | 169 / 13,7 | Non mesuré | |
| N3C | < 2 h | 6% | 167 / 12,3 | 172 / 12,9 | Non mesuré | |
| N3D | 24 h | 2% | 164 / 14,3 | 168 / 15,5 | Non mesuré | |
| N3E | 24 h | 6% | 172 / 12,0 | 176 / 12,4 | Non mesuré | |
| N6A | < 2 h | 2% | 160 / 29,0 | 163 / 30,7 | 99,3 | 149,2 |
| N6B | < 2 h | 4% | 165 / 28,4 | 166 / 27,8 | 99,9 | 137,6 |
| N6C | < 2 h | 6% | 167 / 25,5 | 167 / 25,1 | 93,8 | 125,5 |
| N6D | 24 h | 2% | 165 / 30,0 | 165 / 28,9 | 99,6 | 149,3 |
| N6E | 24 h | 6% | 172 / 24,0 | 172 / 24,2 | 101,1 | 137,1 |

REVENDICATIONS

1. Produit corroyé, notamment laminé, filé ou forgé, en alliage de type AlCuMg, caractérisé en ce qu'il contient (% en poids) :
5 Cu 3,80 – 4,30 , Mg 1,25 – 1,45 , Mn 0,20 – 0,50 , Zn 0,40 – 1,30 ,
Fe < 0,15 , Si < 0,15 , Zr ≤ 0,05 , Ag < 0,01
autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total, reste Al.
2. Produit selon la revendication 1, dans lequel Cu 4,05 – 4,30.
- 10 3. Produit selon la revendication 1 ou 2, dans lequel Mg 1,28 – 1,42.
4. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel
Mn 0,30 – 0,50 et préférentiellement Mn 0,35 – 0,48.
- 15 5. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel Zn 0,7 – 1,0
et préférentiellement Zn 0,5 – 0,7.
6. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel Fe < 0,10.
- 20 7. Produit selon l'une quelconque des revendication 1 à 6, dans lequel Si < 0,10.
8. Produit selon la revendication 1, dans lequel
Cu < 4,20 , Mg < 1,38 , Mn < 0,42 , Zn > (1,2 Cu – 0,3 Mg + 0,3 Mn – 3,75).
- 25 9. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il a
été mis en solution, trempé et écroui à froid avec une déformation permanente
comprise entre 0,5 % et 15 %, préférentiellement comprise entre 1 % et 5 %, et
encore plus préférentiellement entre 1,5 % et 3,5 %.
- 30 10. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en que ledit
produit est une tôle avec une épaisseur compris entre 1 et 16 mm.

REVENDICATIONS

1. Produit corroyé, notamment laminé, filé ou forgé, en alliage de type AlCuMg, caractérisé en ce qu'il contient (% en poids) :
5 Cu 3,80 – 4,30 , Mg 1,25 – 1,45 , Mn 0,20 – 0,50 , Zn 0,40 – 1,30 ,
Fe < 0,15 , Si < 0,15 , Zr ≤ 0,05 , Ag < 0,01
autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total, reste Al.
2. Produit selon la revendication 1, dans lequel Cu 4,05 – 4,30.
- 10 3. Produit selon la revendication 1 ou 2, dans lequel Mg 1,28 – 1,42.
4. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel
Mn 0,30 – 0,50 et préférentiellement Mn 0,35 – 0,48.
- 15 5. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel Zn 0,50 – 1,10 et préférentiellement Zn 0,50 – 0,70.
6. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel Fe < 0,10.
- 20 7. Produit selon l'une quelconque des revendication 1 à 6, dans lequel Si < 0,10.
8. Produit selon la revendication 1, dans lequel
Cu < 4,20 , Mg < 1,38 , Mn < 0,42 , Zn > (1,2 Cu – 0,3 Mg + 0,3 Mn – 3,75).
- 25 9. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il a été mis en solution, trempé et écroui à froid avec une déformation permanente comprise entre 0,5 % et 15 %, préférentiellement comprise entre 1 % et 5 %, et encore plus préférentiellement entre 1,5 % et 3,5 %.
- 30 10. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en que ledit produit est une tôle avec une épaisseur compris entre 1 et 16 mm.

11. Produit selon l'une quelconque des revendication 1 à 10, caractérisée en ce que ladite tôle est une tôle plaquée d'au moins une face avec un alliage de la série 1xxx, et préférentiellement avec un alliage sélectionné dans le groupe constitué par les alliages 1050, 1070, 1300 et 1145.
12. Produit selon l'une quelconque des revendication 1 à 11, caractérisé en ce que sa résistance à la rupture au sens L et / ou sens TL est supérieure à 430 MPa, et préférentiellement supérieure à 440 MPa.
13. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que sa limite d'élasticité au sens L et / ou sens TL est supérieure à 300 MPa, et préférentiellement supérieure à 320 MPa.
14. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que son allongement à rupture au sens L et / ou sens TL est supérieur à 19 % et préférentiellement supérieur à 20 %.
15. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que sa tolérance aux dommages K_r , calculée à partir d'une courbe R obtenue selon ASTM E 561 pour une valeur Δa_{eff} de 60 mm, est supérieure à $165 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ dans les sens T-L et L-T.
16. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que sa tolérance aux dommages K_r , calculée à partir d'une courbe R obtenue selon ASTM E 561 pour une valeur Δa_{eff} de 60 mm, est supérieure à $180 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ dans le sens L-T.
17. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que sa vitesse de propagation de fissures da/dn , déterminée selon la norme ASTM E 647 dans le sens T-L ou L-T pour un rapport de charge $R=0,1$ et une valeur ΔK de $50 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, est inférieure à $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mm / cycle}$.

20

18. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérise en ce que sa vitesse de propagation de fissures da/dn , déterminée selon la norme ASTM E 647 dans le sens T-L ou L-T pour un rapport de charge $R=0,1$ et une valeur ΔK de 50 MPa \sqrt{m} , est inférieure à $2,0 \cdot 10^{-2}$ mm / cycle.

5

19. Tôle plaquée selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que le courant de corrosion galvanique est inférieur à $4\mu A/cm^2$ pour une exposition allant jusqu'à 200 heures, pendant des essais de corrosion dans un assemblage riveté, en plaçant l'alliage d'âme dans une solution non désaérée contenant 0,06 M de NaCl et l'alliage de placage dans une solution à 0,02 M de $AlCl_3$ désaérée par barbotage d'azote.

10

20. Tôle plaquée selon la revendication 19, caractérisée en ce que ledit courant de corrosion galvanique est inférieur à $2,5\mu A/cm^2$.

15

21. Élément de structure d'aéronef réalisé à partir d'au moins un produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 20.

22. Élément de structure selon la revendication 21, caractérisé en ce que ledit élément de structure est un élément de peau de fuselage.

20



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété Intellectuelle - Livre VI



N° 11 235 02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 250899

| | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Vos références pour ce dossier
(facultatif) | | BR 3499 - MPS/NP | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0208737 | |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | | |
| ELEMENT DE STRUCTURE D'AVION EN ALLIAGE Al-Cu-Mg | | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | | |
| PECHINEY
Martin Peter SCHMIDT
Immeuble "SIS"
217 Cours Lafayette

69451 LYON CEDEX 06 | | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). | | | |
| Nom | | WARNER | |
| Prénoms | | Timothy | |
| Adresse | Rue | 506 Fitzhugh Street | |
| | Code postal et ville | 26164 | RAVENSWOOD - WV (ETATS UNIS) |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | DIF | |
| Prénoms | | Ronan | |
| Adresse | Rue | 8 Chemin du Veyron - La Flamenchère | |
| | Code postal et ville | 38590 | SAINT ETIENNE DE SAINT-GEOIRS |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | BES | |
| Prénoms | | Bernard | |
| Adresse | Rue | 34 Avenue Louis Armand | |
| | Code postal et ville | 38180 | SEYSSINS |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| DATE ET SIGNATURE(S)
DU (DES) DEMANDEUR(S)
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire) | | | |
| 11 JUILLET 2002

Martin Peter SCHMIDT | | | |



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235 02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

| | | | |
|--|----------------------|------------------------------------|---------|
| Vos références pour ce dossier
(facultatif) | | BR 3499 - MPS/NP | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0208787 | |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | | |
| ELEMENT DE STRUCTURE D'AVION EN ALLIAGE Al-Cu-Mg | | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | | |
| PECHINEY
Martin Peter SCHMIDT
Immeuble "SIS"
217 Cours Lafayette

69451 LYON CEDEX 06 | | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). | | | |
| Nom | | RIBES | |
| Prénoms | | Hervé | |
| Adresse | Rue | Les Pradets - 20 Rue de la Liberté | |
| | Code postal et ville | 63500 | ISSOIRE |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | | |
| | Code postal et ville | | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | | |
| | Code postal et ville | | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | | |
| | Code postal et ville | | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| DATE ET SIGNATURE(S)
DU (DES) DEMANDEUR(S)
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire) | | | |
| 11 JUILLET 2002 | | | |
| Martin Peter SCHMIDT | | | |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

